

SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE SOĞUTUCU AKIŞKANIN AŞIRI SOĞUTULMASININ İNCELENMESİ

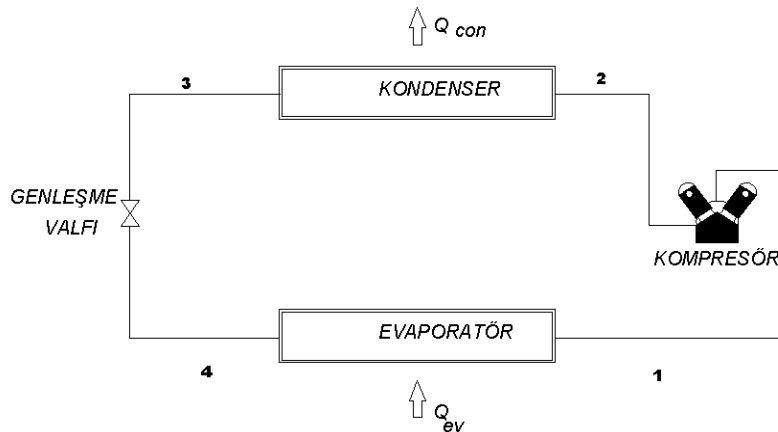
Erkut BEŞER
Moghtada MOBEDİ

ÖZET

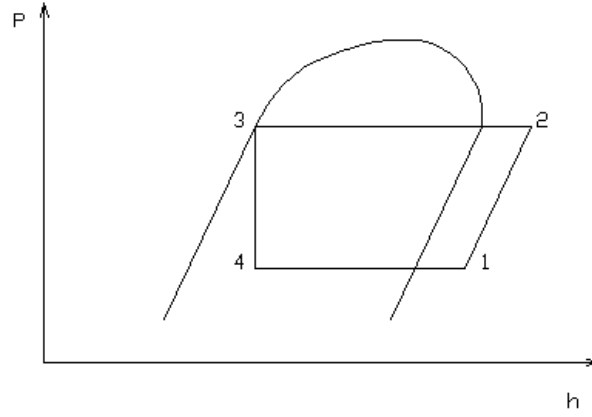
Bu makalede kondenser çıkışında sıvı halinde bulunan soğutucu akışkanın aşırı soğutulması ele alınmıştır. Aşırı soğutmanın tanımı verildikten sonra, aşırı soğutmanın uygulama nedenleri üzerinde durulmuştur. Aşırı soğutmanın soğutma kapasitesi üzerindeki artış etkisi araştırılmış ve üç soğutucu akışkan R407C, R134a ve R22 için, sağlanan artış değişik kondenzasyon sıcaklıklarında ve aşırı soğutma miktarlarında mukayese edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, aynı aşırı soğutma miktarlarında, kapasite artışı soğutucu akışkanın tipi ve kondenzasyon sıcaklığına bağlı olduğunu göstermiştir. Soğutma sanayinde aşırı soğutmanın klasik uygulamaları açıklanmış ve aşırı soğutmanın kullanılması ile enerji tasarrufuna yönelik yapılan bazı çalışmalar incelenmiştir.

GİRİŞ

Bilindiği gibi sıkıştırımlı soğutma sistemleri dört ana elemandan, evaporatör, kondenser, kompresör ve genleşme valfinden oluşmaktadır (Şekil-1-). Sistemde iki ayrı basınç seviyesi alçak basınç (evaporatörün çalıştığı basınç) ve yüksek basınç (kondenserin çalıştığı basınç) mevcuttur. Gaz halinde bulunan akışkanın basıncı (1. nokta) kompresör vasıtası ile yüksek basınca çıkarılır (2. nokta). Yüksek basınçta ve sıcaklıkta kızgın durumda bulunan buhar kondenserdan geçerken yoğunlaşarak ısı dışarıya atılmakta ve doymuş sıvı haline getirilmektedir (3. nokta). Daha sonra soğutucu akışkanın basıncı genleşme valfi yardımı ile düşürülmektedir (4. nokta). Alçak basınç ve düşük sıcaklıkta bulunan soğutucu akışkan evaporatörden geçerken çevresinden ısı alarak aşırı kızgın durumuna geçmektedir (1. nokta).



Şekil 1. Basit Bir Soğutma Sisteminin Çalışma Prensibi



Şekil 2. Soğutma Sisteminin Termodinamik Çevrimi

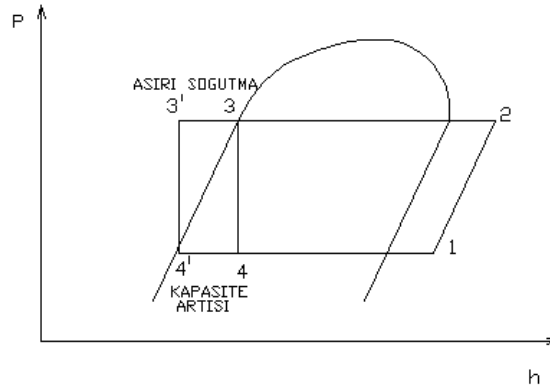
Sıkıştırılmalı soğutma sistemlerinde çevrimin performans katsayısı evaporatörde buharlaşma işlemi sırasında ortamdaki çekilen enerjinin sıkıştırma işleminde harcanan enerjiye oranı olarak tanımlanmaktadır:

$$\text{COP} = Q_{\text{ev}} / W$$

Soğutma sistemlerinde kompresörde az bir iş harcanması ile çevreden büyük miktarda ısı enerjisi çekilmesi amaçlanmaktadır. Başka bir deyişle, yukarıda tanımlanan performans katsayısının büyük olması istenmektedir. Soğutma sistemlerinde performansın yükseltilmesi ile ilgili çok sayıda çalışmalar yapılmış ve halen bu tip çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmaların sonucunda değişik yöntemler önerilmiş ve amaca uygun çeşitli sistem ve kontrol cihazları geliştirilmiştir. Önerilen yöntemler ve geliştirilen cihazların irdelenmesi ayrı bir çalışma konusu olup, burada yalnızca soğutucu akışkanların aşırı soğutulması yöntemi ile soğutma kapasitesinin artırılması üzerine durulacaktır.

ASIRI SOĞUTMA TANIMI

Kondenserden çıkan ve sıvı halinde bulunan soğutucu akışkanın sabit basınç altında daha da soğutulması, daha düşük sıcaklıkta genleşme valfine girmesini sağlayan işleme aşırı soğutma denir. Şekil 3'te görüldüğü gibi, kondenserde yoğuşma işlemi tamamlandıktan sonra, soğutucu akışkanın sıcaklığı düşürülmekte ve 3' noktasına getirilmektedir. 3-3' noktaları arasındaki yapılan işlem, aşırı soğutma olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 3. Aşırı Soğutma Basınç-Entalpi Diyagramı Üzerinde Gösterimi

Soğutma sistemlerinde soğutucu akışkanın aşırı soğutulması iki nedenden dolayı yapılmaktadır:

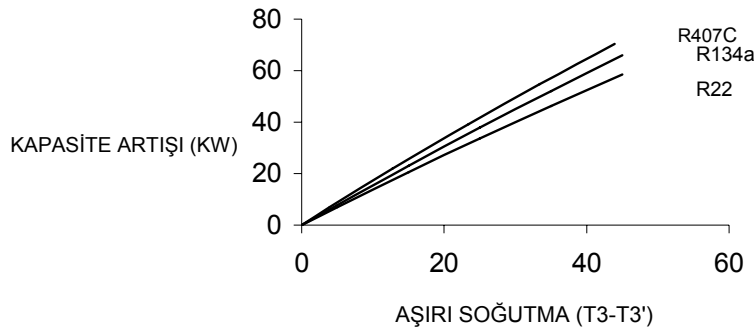
- 1- Aşırı soğutma, kompresördeki enerji tüketiminde hiçbir değişim olmaksızın soğutma kapasitesinde artış sağlamaktadır. Böylece aşırı soğutmanın uygulanması ile performans katsayısı artmaktadır. Şekil 3.'te de gösterildiği gibi 3' noktasında aşırı soğutulmuş olan soğutucu akışkan genleşme valfine girmekte ve 4' noktasında çıkmaktadır. Böylece kompresörde harcanan enerji değişmeksizin, kondenser çıkışındaki aşırı soğutma direk soğutma kapasitesine yansımakta ve soğutma kapasitesini arttırmaktadır.
- 2- Kısmen buhar içeren soğutucu akışkanın genleşme valfine girmesi, valftan geçen akışkanın debisini azaltır. Araştırmalar, sıvı hattında az miktarda gazın bulunmasının bile genleşme valfinin kapasitesini oldukça etkileyeceğini göstermiştir [1]. Genleşme valfindan geçen soğutucu akışkanın debisinin azalması evaporatörün iyi beslenmemesine neden olur. Bu da evaporatörden çıkan soğutucu akışkanın sıcaklığının istenilen sıcaklığın üstünde olması, kompresörün yüksek sıcaklıkta çalışması, yarı hermetik ve hermetik kompresörlerde kompresörün iyi soğutulmaması ve kompresöre yağ dönüşünün azalması gibi problemlere yol açacaktır. Aşırı soğutma meydana gelebilecek bu tip problemlerin bir çözümü olarak önerilmektedir. Başka bir deyişle, her hangi bir nedenden dolayı, kondenserde tümü sıvı haline getirilemeyen soğutucu akışkan, aşırı soğutma için tasarlanan sistem veya devrelerden geçilerek sıvı haline getirilmekte ve sıvı olarak genleşme valfine gönderilmektedir.

AŞIRI SOĞUTMANIN SOĞUTMA KAPASİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Soğutucu akışkanın aşırı soğutulmasında önem taşıyan bir konu, böyle bir yöntemin, soğutma kapasitesi üzerindeki etkisidir. Aşırı soğutma işlemi boyunca (3-3' işlemi) soğutucu akışkandan toplam transfer edilen ısı aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilir:

$$Q = \int m \cdot C_p(T) \cdot dT = m \cdot (h_3 - h_{3'})$$

Kondenser çıkışında uygulanan aşırı soğutma miktarı ile soğutma kapasitesindeki artış aynıdır. Ancak, artış miktarı çeşitli soğutucu akışkanlar için farklı olabilir. Bu çalışmada, R22, R134a ve R407C soğutucu akışkanları için, aşırı soğutmanın kapasite üzerindeki etkisi incelenmiş ve sonuçlar şekil 4.'te gösterilmiştir. (T3-T3') sıcaklık farkının artması başka bir deyişle aşırı soğutmanın artması ile soğutma kapasitesi doğrusal bir şekilde artmaktadır. Ancak, farklı soğutucu akışkanlar için artış oranı farklıdır. Üç soğutucu akışkan için aynı aşırı soğutma miktarı uygulandığında, R407C soğutucu akışkanın kapasite artışı R134a ve R22 soğutucu akışkanlardan daha fazla olduğu görülmüştür. Soğutucu akışkanın debisi 1 Kg/sn olan bir soğutma çevriminde, R407C soğutucu akışkanın 25 °C aşırı soğutulması sonucunda soğutma kapasitesinde 41.7 KW artış sağlanırken, R134a ve R22 soğutucu



Şekil4. R22, R134a ve R407C ile Çalışan, Tcon=55 °C ve Akışkan Debisi 1 Kg/sn olan Soğutma Çevriminde Aşırı Soğutmanın Sağladığı Kapasite Artışı

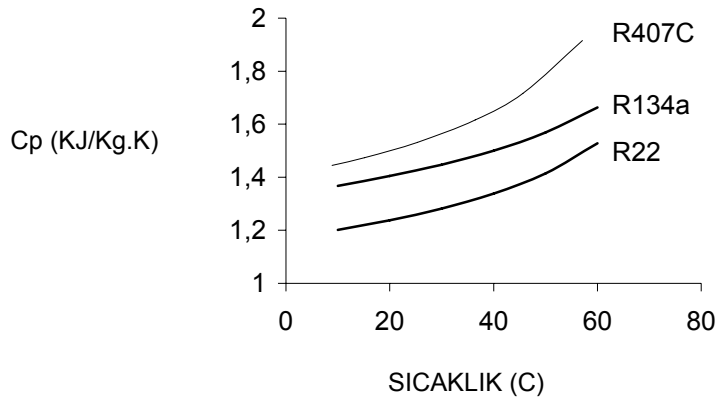
akışkanları için sırası ile bu sayı 37.8 KW ve 33.6 KW'a düşmektedir. Çeşitli soğutucu akışkanlardaki farklı kapasite artışı, soğutucu akışkanların özgül ısısı ile açıklanabilir.

Aşırı soğutma işlemi sabit basınçta gerçekleştiğinden, her hangi bir küçük δT sıcaklık farkı için transfer edilen ısı aşağıdaki bağıntıdan bulunabilir:

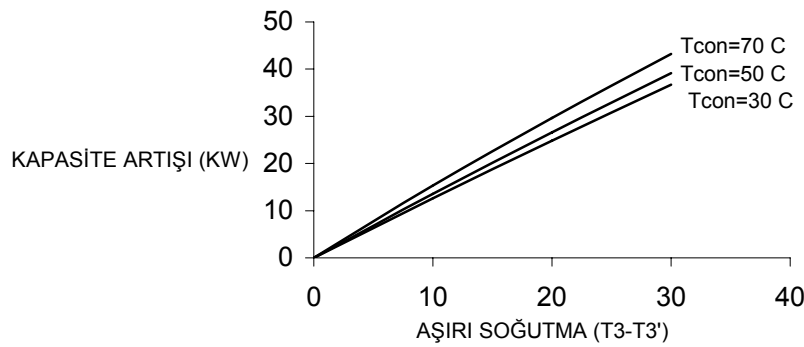
$$\delta Q = m \cdot C_p(T) \cdot \delta T$$

Görüldüğü gibi sabit debi ve sıcaklık düşüşünde, soğutucu akışkandan transfer edilen ısı soğutucu akışkanın özgül ısısı ile orantılıdır.

Aynı debi ve sıcaklık düşüşünde özgül ısı katsayısı fazla olan soğutucu akışkanın kapasite artışı daha fazladır. Şekil-5- R22, R134a ve R407C akışkanlarına ait özgül ısı katsayılarının sıcaklığa göre değişimini göstermektedir. R407C soğutucu akışkanın özgül ısısı R134a akışkanından ortalama %8 daha fazla ve R134a soğutucu akışkanın özgül ısısı da R22 soğutucu akışkanından ortalama %12 fazladır. Bu nedenle R407C ile çalışan sistemlerde aşırı soğutmanın sağladığı kapasite artışı aynı şartlarda çalışan R22 ve R134a sistemlerinden daha fazla olacaktır.



Şekil 5. R22, R134a ve R407C soğutucu akışkanları için Özgül Isının Sıcaklığa Göre Değişimi



Şekil 6. R22 ile Çalışan ve Akışkan Debisi 1 Kg/sn olan bir Soğutma Çevriminde Tcon=30 °C ve Tcon =50 °C ve Tcon =70 °C Sıcaklıklarında Aşırı Soğutmanın Sağladığı Kapasite Artışı

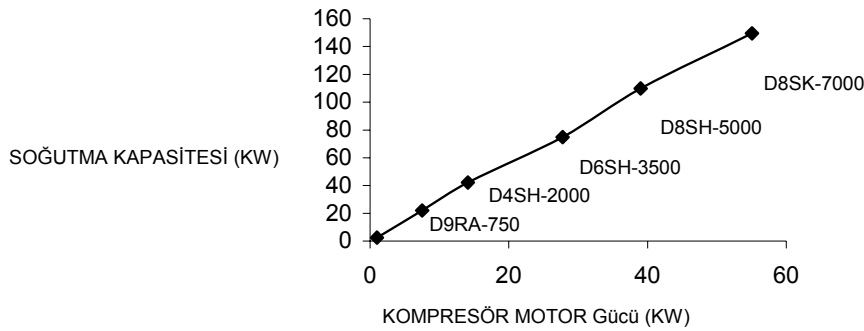
Ayrıca, her üç soğutucu akışkan için sıcaklığın artması ile özgül ısı katsayısının arttığı görülmüştür. Örneğin R22 akışkan için 30 °C'da özgül ısı 1.282 KJ/Kg.K iken, 55 °C bu değer %14 artış ile 1.528 KJ/Kg.K yükselmektedir. Bu da, yüksek kondenzasyon sıcaklığında çalışan sistemlerde aşırı soğutmanın daha fazla kapasite artışı sağladığını göstermektedir. Örneğin soğutucu akışkanın debisi 1 Kg/sn ve kondenzasyon sıcaklığı 30 C olan bir çevrimde kondenserden çıkan akışkanın 1°C soğutulması, yaklaşık olarak 1.282 KW kapasite artışı sağlarken, bu değer 55 °C kondenzasyon sıcaklığında 1.528 KW yükselmektedir. Şekil 6.'den de görüldüğü gibi, aşırı soğutmanın artması ile çeşitli kondenzasyon sıcaklıklarındaki kapasite artış farklıdır. Kondenzasyon sıcaklığının artması ile aşırı soğutma neticesinde sağlanan kapasite artışı büyümektedir.

AŞIRI SOĞUTMANIN ENERJİ TASARRUFU AÇISINDAN İNCELENMESİ

Aşırı soğutma, kompresör gücü değişmeksizin soğutma kapasitesini arttırdığından enerji tasarrufu sağlamaktadır. Sağlanan enerji tasarrufu, ekonomik açıdan aşırı soğutmanın uygulanmasında önem taşımaktadır.

Belli bir evaporasyon ve kondenzasyon sıcaklığında çalışan bir soğutma sisteminde, soğutma kapasitesinin artırılması, kompresör gücünün artırılmasını gerektirir. Aşırı soğutmada kompresör gücü değişmediğinden her kapasite artışı, enerji tasarrufu olarak değerlendirilmelidir. Örneğin, Copeland firmasının yarı hermetik kompresörleri ile çalışan ve evaporasyon ve kondenzasyon sıcaklıkları sırası ile 2 °C ve 50 °C olan bir çevrimde, 1 KW soğutma artışı sağlamak , kompresör gücünde ortalama 0.37 KW artışı gerektirir (Şekil 7). Bu nedenle, bu şartlarda aşırı soğutma yöntemi ile kazanılan 1 KW'lık kapasite artışı, 0.37 KW enerji tasarrufu sağladığı şeklinde yorumlanmalıdır.

Belirli bir soğutma kapasitesi ile çalışan bir çevrimde, yeterince aşırı soğutma yapıldığında aynı soğutma kapasitesini daha küçük kompresör ve enerji tüketimi ile elde etmek mümkündür. Bu durumda, enerji tasarrufu, kompresör enerji tüketiminin azalması ve kompresör modelin küçülmesi (kompresör açısından ilk yatırımın azalması) şeklinde karşımıza çıkabilir. Tablo 1., 2 °C ve 50 °C evaporasyon ve kondenzasyon sıcaklıklarında tasarlanmak istenilen soğutma gruplarında, istenilen soğutma kapasiteleri için kompresör modelleri ve onlara ait motor gücü ve sistem performansını göstermektedir. Seçilen kompresörler Copeland firmasına ait, yarı hermetik kompresörlerdir. Kapasitenin artması ile kompresör modeli değişmekte, daha büyük kompresör kullanılmakta ve buna bağlı olarak kompresör enerji tüketimi artmaktadır. Tablo –2- de ise aşırı soğutmanın uygulanması ile aynı soğutma kapasitesi için kullanılacak kompresör modeli, kompresör gücü ve sistem performansını göstermektedir. Görüldüğü gibi, yeterince aşırı soğutmanın uygulanması sonucunda daha küçük bir kompresör modeli ve enerji tüketimi ile aynı soğutma kapasitesini elde etmek mümkündür. Bunun gibi durumlarda, aşırı soğutma, kompresör ilk yatırım ve kompresör enerji tüketimi açısından tasarruf sağlamaktadır.



Şekil 7. Tev=2 °C, Tcon=50 °C Şartlarında Copeland yarı hermetik Kompresörlerinin Motor Gücüne Göre Elde Edilebilen Soğutma Kapasitesi [2]

Tablo 1. $T_{ev}=2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{con}=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ Şartlarında İstenilen Soğutma Kapasiteleri için Kullanılacak Copeland Yarı-hermetik Kompresörler ve Gereken Motor Güçleri [2]

İstenilen Soğutma Kapasitesi (KW)	Kompresör Modeli	Motor Gücü (KW)	COP
74	D6SH3500	27.77	2.69
89	D6SJ4000	32.87	2.72
109	D8SH5000	39	2.82

Tablo 2. $T_{ev}=2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{con}=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ Şartlarında İstenilen Soğutma Kapasiteleri için Aşırı Soğutmanın Yapılması durumunda Kullanılacak Copeland Yarı-hermetik Kompresörler ve Gereken Motor Güçleri [2]

İstenilen Soğutma Kapasitesi (KW)	Aşırı Soğutma (T_3-T_3') (C)	Kompresör Modeli	Motor Gücü (KW)	COP
74	22	D6SH3000	21.46	3.34
89	22	D6SJ3500	27.77	3.23
109	25	D8SH4000	32.87	3.32

AŞIRI SOĞUTMANIN GENLEŞME VALFİ KAPASİTESİ ÜZEİNDEKİ ETKİSİ

Soğutma sistemlerinin tasarımında genişleme valfinin doğru seçilmesi diğer çevrim elemanlarında da olduğu gibi önem taşımaktadır. Genleşme valfinin küçük seçilmesi evaporatörün iyi beslenmemesine yol açarken, büyük olması da sıvı haldeki soğutucu akışkanın kompresöre kaçmasına sebep olmaktadır. Aşırı soğutmanın uygulanması, genişleme valfinin kapasitesini etkiler. Aşırı soğutmanın uygulanması sonucunda, genişleme valfine daha düşük sıcaklıkta soğutucu akışkanın girmesinden dolayı genişleme valfin seçimi için düzeltici katsayılar verilmektedirler. Tablo 3. Sporlan firmasına ait R22 soğutucu akışkanın genişleme valfinin giriş sıcaklığına göre düzeltici katsayılarını göstermektedir [3]. Görüldüğü gibi soğutucu akışkanın genişleme valfine giriş sıcaklığının düşürülmesi ile düzeltici katsayı büyümekte, başka bir deyişle genişleme valfinin kapasitesi artmaktadır. Aşırı soğutmanın uygulandığı sistemlerde genişleme valfin seçiminde mutlaka firmalar tarafından verilen düzeltici katsayılar göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 3. Sporlan Firmasına ait Termostattik Genleşme Valflerinin Seçiminde Soğutucu Akışkanın Genleşme Valfinin Giriş Sıcaklığına Göre Uygulanması Gereken Düzeltici Katsayılar

Soğutucu Akışkanın Giriş sıcaklığı (F)	0	20	40	60	80	100
Valf Kapasite Artışını Sağlayan Düzeltici Katsayılar	1.56	1.45	1.34	1.24	1.12	1

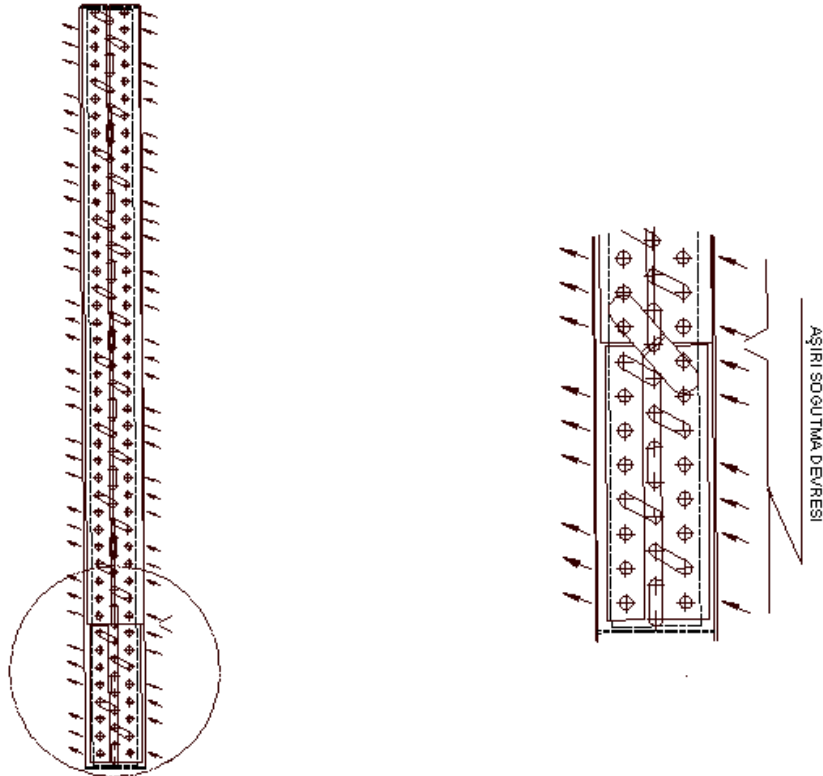
Şüphesiz, aşırı soğutmanın uygulanması ile evaporatör kapasitesi artmaktadır. Bu nedenle genişleme valfinda da olduğu gibi evaporatör seçiminde de aşırı soğutma neticesinde soğutucu akışkanın giriş sıcaklığının azalması ve kapasite artışı dikkate alınmalıdır.

AŞIRI SOĞUTMANIN UYGULANMA YÖNTEMLERİ

Daha önce de değinildiği gibi, soğutma gruplarında genleşme valfına giren akışkanın gaz halinde girmesini önlemek ve enerji tasarrufu sağlamak açısından, aşırı soğutma uygulanmaktadır. Literatür araştırması, aşırı soğutmanın uygulanma amacı itibari ile iki grupta sınıflandırılabilirliğini göstermiştir.

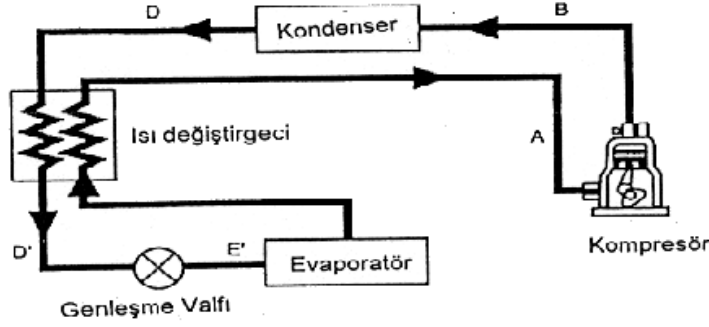
1. KLASİK UYGULAMALAR

Klasik aşırı soğutma uygulamalarında amaç, genleşme valfına kısmı buhar girmesini önlemek ve az miktarda da olsa enerji tasarrufu sağlamaktır. Bu tip uygulamalara soğutma sanayinde geniş ölçüde rastlanmaktadır. Klasik uygulamalarda doymuş sıvı halinde kondenserden çıkan soğutucu akışkan, basit ek devreler ile aşırı soğutulmaktadır. Hava ile soğutulan kondenserlerde aşırı soğutma kondenserin alt kısmına eklenen devreler ile yapılmaktadır (Şekil 8.). Su ile soğutulan kondenserlerde ise, aşırı soğutma kondenser içine soğutucu akışkan çıkmadan önce konulan ek borular vasıtası ile sağlanmaktadır.



Şekil 8. Hava ile Soğutulan Kondenserlerde Aşırı Soğutma için Tasarlanan Ek Devreler

Sanayide rastlanabilecek diğer bir klasik uygulama ise sıvı hattı ile emme hattı arasında konulan ısı değıştirgeçleridir (Şekil 9.). Isı değıştirgeci yardımı ile kondenserden çıkan sıvının sıcaklığı emme hattındaki düşük sıcaklıkta bulunan buhar vasıtası ile düşürülmektedir. Bu tip uygulamanın amacı aşırı soğutmanın yanısıra emme hattında kompresöre girebilecek olası bir sıvı hareketini önlemektir.



Şekil 9. Sıvı Hattı ile Emme Hattı arasında Konulan Isı Değiştirgeci

2. ENERJİ TASARRUFUNA YÖNELİK UYGULAMALAR

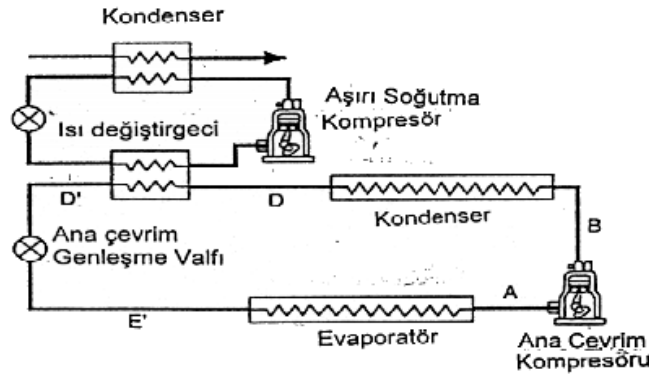
Çağımızda kullanılan enerji kaynakların sınırlı olması, çeşitli sistem ve cihazlarda verimi artırma yolları üzerine çalışmaların artmasına neden olmuştur. Bu doğrultuda, soğutma sistemlerinde de verimi artırma yöntemleri araştırılmaktadır. Kondenserden çıkan soğutucu akışkanın aşırı soğutulması çevrimin verimini artırma yöntemlerinden biri olup, bu konuda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Çeşitli nedenlerden dolayı, enerji tasarrufuna yönelik çalışmalar sanayide beklenen ilgiyi görmemiş, ancak ileride çıkabilecek muhtemel bir enerji krizinde bu tip uygulamaların daha fazla önem kazanacağı şüphesizdir.

Bu bölümde enerji tasarrufu amacı ile yapılan aşırı soğutma uygulamaları üzerine literatür araştırması yapılmıştır. Literatür araştırması enerji tasarrufuna yönelik aşırı soğutmanın çeşitli yöntemlerle uygulanabileceğini göstermiştir. Burada yöntemlerin tümünü incelemek mümkün olmadığından, literatürde yer alan gerçekçi ve etkin yöntemler seçilmiş ve bunların üzerine durulmuştur. Bu yöntemlerin uygulanması da kendine göre avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Ancak, bu yöntemlerin detayına girmek, bu makalenin fiziksel boyutunu aşmaktadır. Bu nedenle aşağıda kısaca aşırı soğutma yöntemleri ve bu yöntemi öneren firmaların yorumu üzerinde durulacaktır.

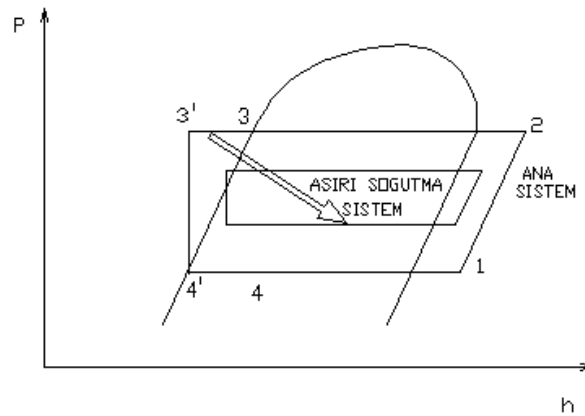
Mekanik Aşırı Soğutma

Şekil 10 .birbirine birleştirilmiş, iki soğutma sistemini göstermektedir. Bunlardan biri ana sistem olup, diğeri ise aşırı soğutma görevini yapan soğutma sistemidir. İki soğutma sistemi bir ısı değiştirgeci vasıtası ile birbirine bağlanmıştır. Bu ısı değiştirgeci ana sistem için aşırı soğutma görevini yaparken, ikinci soğutma sistemi için evaporatör görevini görmektedir. Ana sistemin kondenseri çıkışında bir aşırı soğutma söz konusu olduğundan, sistemin soğutma kapasitesi artmaktadır. İki sisteme ait termodinamik çevrimi Şekil 11.'de P-h diyagramı üzerinde gösterilmiştir.

Aşırı soğutulmuş olan böyle bir soğutma sisteminin verimi aynı kapasiteyi veren bir normal soğutma sisteminden daha fazladır. Bunun nedeni ise, aşırı soğutma görevini yapan sistemde evaporasyon sıcaklığının normal bir sistemden daha yüksek olmasıdır. Böylece bu tip bir sistem bir bütün olarak düşünüldüğünde normal bir sistemden daha yüksek bir verime sahiptir. Özellikle evaporasyon sıcaklığı düşük olan sistemlerde böyle sistemin uygulanması ile %20 ila %30 arasında enerji tasarrufu sağlanabileceği iddia edilmektedir. Enerji tasarrufunun yanında verimin yüksek olmasından dolayı böyle bir sistemin kullanılmasının ilk yatırım ve bakım giderleri açısından da tasarruf sağlayacağı iddia edilmiştir [4].



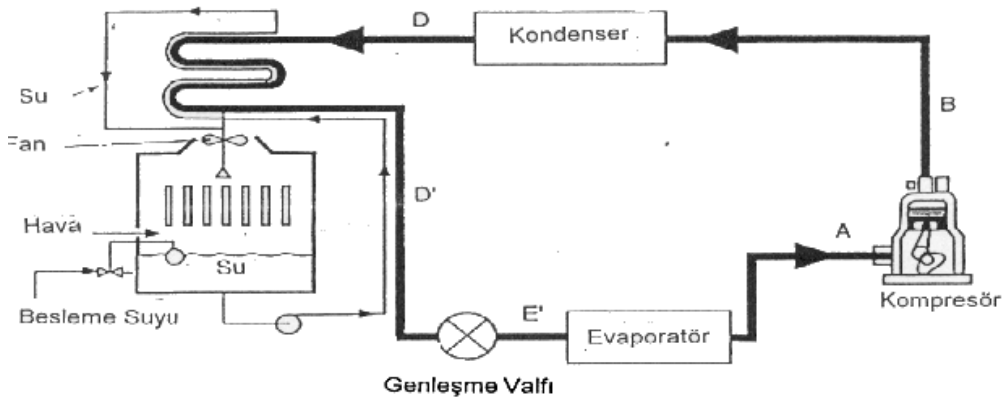
Şekil 10. Mekanik Aşırı Soğutmanın Şematik Gösterimi



Şekil 11. Mekanik aşırı soğutmanın P-h diyagramı üzerine Gösterimi

Soğutma Kulesi ile Aşırı Soğutma

Daha önce de değinildiği gibi, klasik aşırı soğutmayı sağlayan kondenserdeki ek devreler soğutucu akışkanın sıcaklığını belirli bir sıcaklığa kadar düşürebilir. Enerji tasarrufuna yönelik uygulamalarda ise, daha da soğutulmuş akışkan istenildiğinde ek sistemlerin kullanılması gerekmektedir. Literatür araştırması, soğutucu akışkandan ortama daha fazla ısı transferi sağlayan ek sistemler üzerinde çalışmaların yapıldığını göstermiştir. Yapılan çalışmalardan birini Şekil 12.'de gösterilmiştir. Kondenser çıkışında sıvı halinde bulunan soğutucu akışkan, soğutma kulesinin suyu ile daha da soğutulmakta, böylece aşırı soğutma yapılmaktadır. Yapılan aşırı soğutma ise sistemin soğutma kapasitesini arttırmaktadır. Soğutucu akışkandan suya transfer olan ısı, soğutma kulesinin yardımı ile ortama atılmaktadır. Soğutucu akışkan ile soğutma kulesinin suyu arasında ısı transferi bir ısı değiştirgeci vasıtası ile sağlanmaktadır. Bu sistem Amerika'da orta ve yüksek sıcaklık ortamlarında çalışan soğutma gruplarına uygulanmış ve iyi sonuçların elde edildiği iddia edilmiştir. Böyle sistemlerin kullanılması durumunda fan, motor, serpantin ve kompresördeki ilk yatırım tasarrufları ile beraber elektrik tüketiminde de bir enerji tasarrufu sağlanmaktadır [5].



Şekil 12. Hava Soğutmalı Kondenseri ile bir Sistemde Küçük Bir Soğutma Kulesi ile Aşırı Soğutmanın Sağlanması

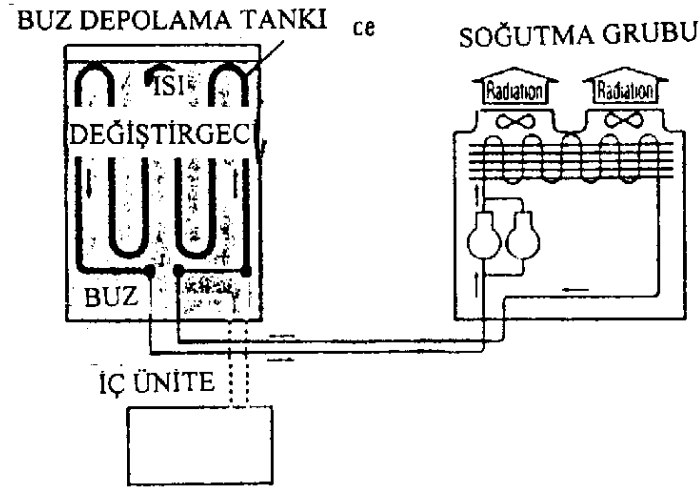
Buz Depolama Teknolojisi ile Aşırı Soğutma

Bu tip aşırı soğutma uygulamalarında, soğutma sistemi ile beraber buz depolama tankı kullanılmaktadır. İstenilen soğutma kapasitesi, cihazın sağladığı soğutma kapasitesinin üzerinde ise, kondenser çıkışındaki soğutucu akışkan buz depolama tankından geçilerek sıcaklığı düşürülmekte, başka bir deyişle aşırı soğutma işlemi yapılmaktadır.

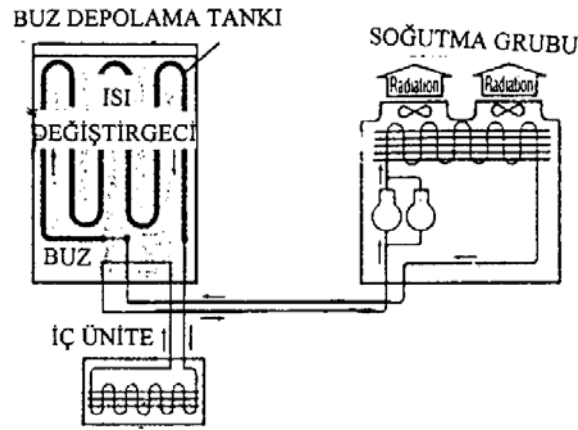
Örneğin soğutma kapasitesi sıfır olan gece periyodunda soğutucu akışkan, iç üniteye girmeden buz depolama tankından geçerek, buzun oluşmasını sağlamaktadır. Daha sonra, istenilen soğutma kapasitesi cihazın verdiği kapasitenin üzerine çıktığında, kondenser çıkışındaki soğutucu akışkan buz depolama tankından geçirilerek sıcaklığı düşürülmekte başka bir deyişle aşırı soğutma yapılmaktadır. Böylece sistemde ek bir kapasite ile istenilen kapasiteye ulaşılmaktadır. Şekil 13 ve 14, böyle bir sistemde cihazın bağlantı şekilleri, şarj ve deşarj durumundaki çalışma prensibini göstermektedir [7]. Buz depolama ile aşırı soğutmanın yapılması Daikin firması tarafından VRV sistemleri ile beraber kullanılmıştır. Firma tarafından yapılan çalışmalar böyle yöntem ile aşırı soğutmanın uygulanması %30 kapasite atışı sağlayabileceğini göstermiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Soğutma sanayinde aşırı soğutma yaygın olarak kullanılmaktadır. Çoğu uygulamaların amacı genleşme valfine olası bir gaz girişini önlemektir. Bu nedenle hava veya su ile soğutulan kondenselerde, soğutucu akışkan kondenseri terk etmeden önce ek devrelerden geçmekte ve sıcaklığı kondenzasyon sıcaklığı altına düşmektedir.



Şekil 13. Şarj Sırasındaki Buz Oluşumu



Şekil 14. Deşarj Sırasındaki Aşırı Soğutmanın Yapılması

Aşırı soğutmanın kapasite artışı üzerindeki etkisi akışkan maddesine göre değişmektedir. Özgül ısı katsayısı fazla olan soğutucu akışkanlarda, kapasite artışı fazladır. Yapılan çalışmada R407C soğutucu akışkan ihtiva eden sistemlerde aşırı soğutman dolayı kapasite artışı R134a ve R22 akışkanlardan daha fazla olduğu görülmüştür. Aşırı soğutmada kapasite artışı kondenzasyon sıcaklığına da bağlıdır. Yüksek kondenzasyon sıcaklığına sahip olan çevrimlerde aşırı soğutmanın uygulanması daha fazla kapasite artışı sağlar.

Literatür araştırması, son zamanlarda enerji tasarrufuna yönelik aşırı soğutmanın uygulanması üzerinde çalışmaların yoğunlaştığını göstermiştir. Yapılan çalışmalar içinde, üç çalışma burada kısaca anlatılmıştır. Bu çalışmaları yapan araştırmacıların ortak düşünceleri, böyle bir yöntemin uygun şartlarda kullanıldığında hem kompresör ilk yatırım ve hem kompresör enerji girişi açısından tasarruf sağlanabileceği yönündedir. Örneğin, kondenzasyon sıcaklığı 50C ve 1kg/sn debi ile çalışan bir çevrimde kompresör enerji girişi değişmeden 20 C aşırı soğutmanın yapılması, yaklaşık 37 KW bir kapasite artışı sağlar.

Literatürde önerilen yöntemlerin ekonomik olması çeşitli faktörlere bağlıdır. Böyle sistemlerin ekonomik açısından uygunluğu, çevre koşulları, kondenzasyon ve evaporasyon sıcaklıkları, çevrimin çalışma süresi, soğutma sisteminin ilk yatırım maliyeti, kompresör enerji tüketim maliyeti gibi faktörlere bağlıdır.

KAYNAKLAR

- [1] SPORLAN Thermostatik Expansion Valves, Bulletin 10 –11, September 1996
- [2] Copeland Yarı Hermetik kompresör Seçim kataloğu
- [3] SPORLAN Thermostatik Expansion Valves, Catalog No 201, printed in USA
- [4] Couvillion R.j., Larson M.W., Somerville M.H., “Analysis of a Vapor-Compression
- [5] Refrigeration System with a Mechanical Subcooling”, ASHRAE Transaction 1988 94(2): 641-660
- [6] Federal Technology Alert, Refrigeration Subcooling, Pacific Northwest national Laboratory Report, USA, 1995
- [7] Ice Storage VRV systems tanıtım kataloğu, DAIKIN Industries LTD,

ÖZGEÇMİŞ

Erkut BEŞER

1950 yılında Denizli’de doğdu.1973 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi’ni bitirdi. Aynı yıl TEBA şirketler grubunda Makine Yüksek Mühendisi olarak göreve başladı. Proje, AR-GE ve üretim birimlerinde görev yaptı. 1979 yılında Teba şirketler grubu bünyesinde kurulan SİSAŞ soğutma ve İklimlendirme Sanayi A.Ş.’nin fabrika müdürlüğüne atandı. Halen Teba Şirketler Grubu’na bağlı ENTE Endüstri ve Tesisat A.Ş.’de genel müdür olarak görevini sürdürmektedir.

Moghtada MOBEDİ

1962 yılında İranda doğdu.1985 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde , 1987 yılında aynı üniversite ve bölümde Master eğitimi ve 1994 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi makine mühendisliği bölümünde doktora eğitimi bitirdi. 1995-98 arasında İran’ın Orumieh üniversitesinde öğretim üyesi olarak çalıştı. Halen TEBA SİRKETLER GRUBU ‘na bağlı ENTE Endüstri ve Tesisat A.Ş. de AR-GE bölümünde çalışmaktadır.